

Pumpspeicherkataster Thüringen.

Ergebnisse einer Potenzialanalyse.



INHALT

Vorwort.....	3
1 Veranlassung.....	4
1.1 Bedeutung der Energiespeicher für die zukünftige Energieversorgung	4
1.2 Technologien zur Speicherung elektrischer Energie	5
1.3 Pumpspeicherkraftwerke in Thüringen	7
1.4 Potenzialstudie für Thüringen.....	13
2 Methodik.....	14
2.1 Kriterienkatalog	15
2.2 GIS-basierte Standortsuche und –bewertung	18
2.3 Vertiefte Überprüfung geeigneter Standorte	20
2.4 Identifikation von Standorten an bestehenden Talsperren.....	21
3 Ergebnisse	24
3.1 Potenzial für neue Anlagen	24
3.2 Potenzial an bestehenden Talsperren.....	27
3.3 Positive Wirkungen für die Regionen	29
4 Zusammenfassung und Ausblick.....	30

Vorwort

Der weitere Ausbau der erneuerbaren Energien ist eine energiepolitische Schwerpunktaufgabe der Thüringer Landesregierung.

Thüringen strebt bis 2020 einen Anteil erneuerbarer Energien am Nettostromverbrauch von 45 Prozent an. Aus der damit verbundenen zunehmend fluktuierenden Stromerzeugung ergeben sich große Herausforderungen an die Energiespeicherung. Die Stromerzeugung mit diskontinuierlichen Quellen wie Windkraft- und Solaranlagen lässt sich im Gegensatz zu konventionellen Kraftwerken nicht zeitlich bedarfsgerecht planen und ist zum Teil starken Schwankungen unterworfen.



Infolge der verstärkten Nutzung erneuerbarer Energien bei gleichzeitiger Reduzierung der grundlastfähigen Kraftwerke, die fossile und nukleare Energieträger nutzen, ergibt sich eine zunehmende zeitliche Diskrepanz zwischen Stromangebot und -nachfrage. Der Ausbau von Energiespeicherkapazitäten ist daher dringend geboten. Ohne ausreichende Speicherkapazitäten ist die Umstellung der Energieversorgung auf erneuerbare Energien nicht realisierbar.

Die Erschließung der Potenziale für Pumpspeicherkraftwerke (PSW) ist hierbei ein gangbarer Weg. PSW sind Spitzenlastkraftwerke, die plötzliche Schwankungen im Gleichgewicht zwischen Erzeugung und Verbrauch ausgleichen können. Von den bekannten und heutzutage verfügbaren Speichertechnologien zeichnen sich PSW durch einen hohen technologischen Entwicklungsstand und eine hohe technologische Reife aus.

Welche Möglichkeiten es dafür in Thüringen gibt, zeigt die nun vorliegende Studie „Potenzial für Pumpspeicherkraftwerke in Thüringen“.

Im Rahmen der Studie wurde untersucht, welche Standorte in Thüringen grundsätzlich für den Bau neuer Pumpspeicherkraftwerke und welche der bestehenden Talsperren in Thüringen für den Umbau zu einem PSW geeignet sind.

Im Ergebnis einer GIS- basierten Standortsuche und einer umfassenden Standortbewertung wurden – auch unter Berücksichtigung des Umwelt- und Landschaftsschutzes – zehn Standorte ermittelt, die für den Bau eines PSW geeignet sind. Von den bestehenden Talsperren wurden drei identifiziert, die sich für einen Umbau zu einem PSW eignen.

Dieses Potenzialkataster für PSW- Standorte in Thüringen stellt eine solide Grundlage dar, um konkrete Projekte zur Entwicklung und Ausbau von Speicherkapazitäten in Angriff zu nehmen und gibt Impulse für Investitionen im Freistaat.

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Machnig', written over a white background.

Matthias Machnig

Thüringer Minister für Wirtschaft, Arbeit und Technologie

1 Veranlassung

1.1 Bedeutung der Energiespeicher für die zukünftige Energieversorgung

Der Umbau des Energiesystems ist eine der großen bedeutenden Aufgaben der nächsten Jahre und Jahrzehnte. Die Bewältigung des Klimawandels und die Ressourcenverknappung einerseits und das Wachstum der Weltbevölkerung, wirtschaftliches Wachstum und steigender Wohlstand andererseits erfordern den durchgreifenden Umbau der Energieversorgung. Gerade im Hinblick auf den Klimaschutz muss die Energieversorgung eine radikale Wende vollbringen. Daher wurden als Ziele der Energiepolitik Europas und Deutschlands eine vollständige Dekarbonisierung der Stromversorgung vereinbart.

Eine zuverlässige, preiswerte und gleichzeitig umweltschonende Energieversorgung ist dabei nur möglich, wenn der Anteil erneuerbarer Energien steigt, und eine entsprechende Infrastruktur für die Einbindung dieser erneuerbarer Energien in die bestehenden Energiesysteme bereit gestellt wird.

Auch Thüringen hat sehr ambitionierte energiepolitische Ziele. Die Energieversorgung soll grundlegend modernisiert und die Energieeffizienz massiv erhöht werden, um die Ressourcen zu schonen und die Energie auch künftig bezahlbar zu gestalten.

Von Europa nach Thüringen: Energiepolitische Ziele im Überblick

Von Europa nach Thüringen:

Europa

Verbindliches Ziel bis 2020

- › Anteil EE von **20 Prozent** am Energieverbrauch
- › Anteil von **10 Prozent** für EE im Verkehrssektor als Ersatz für Otto- und Dieselmotoren

Deutschland

Energiekonzept der Bundesregierung legt fest, bis spätestens 2020

- › ist der Anteil EE an der Stromversorgung auf mindestens **35 Prozent** zu steigern
- › soll der Anteil EE an der gesamten Wärmeversorgung **14 Prozent** betragen

Thüringen

Energiekonzept der Landesregierung setzt das Ziel, bis 2020 einen Anteil EE

- › am Nettostromverbrauch von **45 Prozent**
- › am Endenergieverbrauch von **30 Prozent**



Bereits 2010 betrug in Deutschland der Anteil der erneuerbaren Energien mit 101,7 TWh etwa 16,8 Prozent am gesamten Stromverbrauch¹. Das Energiekonzept der Bundesregierung sieht einen weiteren Ausbau der erneuerbaren Energien vor. So sollen z.B. im Jahr 2020 etwa 35 Prozent des Bruttoenergieverbrauchs durch erneuerbaren Energien gedeckt werden und dieser Wert bis 2050 auf 80 Prozent steigen². Dabei werden die fluktuierenden Einspeisungen der Wind- und Photovoltaikenergie eine dominierende Rolle einnehmen und gleichzeitig eine Veränderung des Verhältnisses regelbarer zu fluktuierender Leistung von heute 2,2 zu 1 auf 0,7 zu 1 in 2030 und 0,5 zu 1 in 2050 bewirken³.

Der von Thüringen bis 2020 angestrebte Anteil erneuerbarer Energien am Nettostromverbrauch von 45 Prozent (2009: 24,5 Prozent) wird – wie auf Bundesebene auch – wesentlich durch Windkraft und Photovoltaik realisiert. Diese Zunahme fluktuierender Stromeinspeisungen erfordert einen Ausbau von Stromnetzen, aber insbesondere auch von Stromspeichern.

Zusätzliche Speicherkapazitäten sind notwendig, um die Schwankungen im Gleichgewicht zwischen Stromerzeugung und -bedarf auszugleichen und damit eine stabile und zuverlässige Versorgung mit elektrischer Energie gewährleisten zu können.

In verschiedenen Studien wurde bereits eine erste Abschätzung der erforderlichen Speicherkapazitäten vorgenommen. Bei unterschiedlichen Annahmen weisen alle Studien einen erheblichen Bedarf an Stromspeichern aus. So z.B. ist in dem Gutachten des Sachverständigenrats für Umweltfragen (SRU) vom 14.01.2011 ein Speicherbedarf von bis zu 1,45 TWh identifiziert worden⁴. Auch die dena-Netzstudie II nennt einen ähnlichen Wert von 1,5 TWh bei einer Speicherleistung von 13,1 GW⁵. Unter Berücksichtigung der Integration in das europäische Verbundnetz ENTSO-E und der Nutzung von europaweiten Ausgleichs- und Synergieeffekten ergibt sich zwar ein reduzierter Bedarf, der dennoch auch unter diesen Annahmen einen signifikanten Ausbau der Speicherkapazitäten in Deutschland erforderlich macht.

1.2 Technologien zur Speicherung elektrischer Energie

Für die Speicherung elektrischer Energie stehen verschiedene Technologien zur Verfügung. Grundsätzlich wird entsprechend Tabelle 1 zwischen mechanischen, elektrochemischen und elektrischen Energiespeichern unterschieden, deren Auswahl in Abhängigkeit des Anwendungsfalls erfolgt⁶. Weitergehende Auswahlkriterien sind u.a. die Effizienz, die Investitions- und Betriebskosten je kW und kWh, die Akzeptanz und die technische Zuverlässigkeit.

¹ siehe: Bundesministerium für Umwelt und Reaktorsicherheit. Vorläufiger Stand 23.03.2011. *Erneuerbare Energien 2010*.

² siehe: Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie und Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit. 28.09.2010. Energiekonzept für eine umweltschonende, zuverlässige und bezahlbare Energieversorgung.

³ siehe: Bundesministerium für Umwelt und Reaktorsicherheit. vorläufiger Stand 23.03.2011. *Erneuerbare Energien 2010*.

⁴ siehe: Sachverständigenrat für Umweltfragen (SRU). 14.01.2011. 100 Prozent erneuerbare Stromversorgung bis 2050: klimaverträglich, sicher, bezahlbar, Sondergutachten.

⁵ siehe: Deutsche Energie-Agentur. November 2010. dena-Netzstudie II. Integration erneuerbarer Energien in die deutsche Stromversorgung im Zeitraum 2015 – 2020 mit Ausblick 2025.

⁶ siehe: Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie. 2009. Stand und Entwicklungspotenzial der Speichertechniken für Elektroenergie – Ableitung von Anforderungen an und Auswirkungen auf die Investitionsgüterindustrie.

Mechanische Energiespeicher	Elektrochemische Energiespeicher	Elektrische Energiespeicher
Pumpspeicherkraftwerk	Akkumulatoren Blei / NiCd / NiMH / Li-Ion	Doppelschichtkondensatoren
Druckluftspeicherkraftwerk	HAT-Akkumulatoren NaS / NaNiCl	Supraleitende Spulen (SMES)
Schwungrad	Flow & Gas-Batterien Redox- u. Hybridflow / Metall- Luft	
	Wasserstoff / Reg. Brennstoffzelle	

Tabelle 1: Technologien zur Speicherung elektrischer Energie

In Bezug auf die Studie besteht der konkrete Anwendungsfall in der Bereitstellung zusätzlicher Speicherkapazitäten für das Übertragungs- und Verteilnetz. Ziel ist die stabile und zuverlässige Versorgung mit elektrischer Energie auch bei zunehmenden fluktuierenden Einspeisungen aus Wind- und Photovoltaikenergie, welche zukünftig erwartet wird. Aufgrund der damit einhergehenden Größenordnungen bzgl. der ein- und auszuspeichernden elektrischen Leistung und Arbeit ist eine direkte Speicherung der elektrischen Energie nicht möglich und eine Umwandlung in eine andere Energieform und deren Rückwandlung mit hoher Effizienz erforderlich.

Für das Übertragungsnetz stehen, wie in Tabelle 2 dargestellt, nur Pumpspeicher- (PSW) oder Druckluftkraftwerke (Compressed Air Energy Storage – CAES) zur Auswahl⁷. Beide Technologien ermöglichen Speicherleistungen im Bereich von einigen MW bis zu 1 GW und können diese über einen Zeitraum von einigen Stunden bis zu wenigen Tagen bereitstellen.

Im Verteilnetz kommen elektrochemische Speicher wie z.B. Blei-Batterien (LA) oder auch Natrium-Schwefel-Batterien (NaS) zum Einsatz. Die möglichen Speicherleistungen fallen jedoch gegenüber den Pumpspeicher- oder Druckluftkraftwerke deutlich geringer aus und bewegen sich in der unteren MW-Klasse.

Anwendung	Leistung	Kapazität	EES-Typ
Übertragungsnetz (große, zentrale EES)	< 1 GW	< 10 GWh	PSW, CAES
Verteilnetz (dezentrale EES)	< 10 MW	< 20 MWh	LA, NaS, (NiCd)

Tabelle 2: Einteilung Elektroenergiespeicher (EES) nach Anwendungen

Pumpspeicherkraftwerke werden hauptsächlich zum Ausgleich von Tages- und Spitzenlasten, also zur Bereitstellung von Regenergie, genutzt. Die Technologie ist seit vielen Jahrzehnten im Einsatz und zeichnet sich durch eine sehr hohe Zuverlässigkeit und Langlebigkeit, verbunden mit einem hohen Zykluswirkungsgrad, aus. Neben der höchsten Wirtschaftlichkeit aller Elektroenergiespeicher sind sie zudem meist schwarzstartfähig. Schwarzstartfähigkeit bedeutet, moderne Pumpspeicherkraftwerke können auch bei einem kompletten Netzausfall angefahren werden und sind in der Lage, die hohen Lastschwankungen, die beim Wiederaufbau eines Stromnetzes auftreten, auszugleichen.

⁷ siehe: Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie. 2009. Stand und Entwicklungspotenzial der Speichertechniken für Elektroenergie – Ableitung von Anforderungen an und Auswirkungen auf die Investitionsgüterindustrie.

Der Anteil der Pumpspeicherkraftwerke an der weltweiten Gesamtspeicherkapazität beträgt derzeit 99 Prozent und belegt damit die hohe Effizienz, Verlässlichkeit und Akzeptanz dieser Technologie. Als Nachteile sind der relativ hohe Flächenverbrauch sowie die Abhängigkeit von den topografischen Gegebenheiten zu nennen.

Die Druckluftspeicherkraftwerke sind wie auch die Pumpspeicherkraftwerke zum Ausgleich von Tages- und Spitzenlasten im Netz geeignet. Jedoch befinden sich zurzeit weltweit nur zwei Druckluftspeicherkraftwerke im Einsatz, die diabat betrieben werden und somit lediglich einen geringen Zykluswirkungsgrad < 55 Prozent aufweisen. Adiabate Kraftwerke wurden bisher nicht realisiert, der Wirkungsgrad ließe sich aber auf bis zu 70 Prozent steigern. Jedoch erfordert diese Technologievariante noch erhebliche Forschungs- und Entwicklungsarbeit, um einen marktreifen Stand zu erreichen.

Elektrochemische Speicher weisen im Gegensatz zu mechanischen Speichern eine höhere Speicherdichte auf und benötigen daher meist weniger Fläche. Die Leistungsklasse ist deutlich unter den zuvor beschriebenen mechanischen Speichern anzusiedeln. Realisierbar sind Speicher mit Leistungen von einigen kW bis hin zu einigen MW. Weitere Nachteile sind die Verwendung von seltenen und kostenintensiven Materialien, die bspw. in Deutschland nicht als natürliche Ressource verfügbar sind (z.B. Lithium), der Einsatz von umweltschädlichen Substanzen, sodass besondere Vorkehrungen zum Umweltschutz getroffen werden müssen oder auch die Begrenzung der Zykluszahl bei vielen dieser Technologien.

In Bezug auf den konkreten Anwendungsfall kann somit festgestellt werden, dass aufgrund der adressierten Leistungsklasse und der Reifegrade der verfügbaren Technologien nur Pumpspeicherkraftwerke als sinnvolle verfügbare Technologie in Betracht kommen.

Meilensteine bei der Entwicklung von PSW in Deutschland

- **1914:** Erstes Pumpspeicherkraftwerk in Europa (Rudolf-Fettweis-Werk, Baden-Württemberg)
- **1929/30:** Fast zeitgleiche Inbetriebnahme der ersten größeren PSW in Deutschland (Köpchenwerk in NRW und PSW Niederwartha bei Dresden) mit Leistungen von über 100 MW
- **1932:** Mit der Fertigstellung der Bleilochtalsperre ging das erste PSW Thüringens in Betrieb
- **1939:** erstes vollautomatisch gesteuertes PSW in Deutschland (PSW Wisenta, Thüringen)
- **2003:** PSW Goldisthal: erstes PSW weltweit der Größenklasse >100 MW mit Asynchrontechnologie und drehzahlvariablen Pumpturbinen, dadurch erstmals unmittelbare Regelbarkeit im Pumpbetrieb, bessere Regelbarkeit im Turbinenbetrieb und höhere Wirkungsgrade

1.3 Pumpspeicherkraftwerke in Thüringen

Pumpspeicherkraftwerke weisen in Thüringen bereits eine lange Geschichte auf und gehören seit den Anfängen der flächendeckenden Versorgung mit elektrischer Energie zu den Garanten einer stabilen Stromversorgung.

Ein wesentlicher Impuls für den Ausbau der Wasserkraft und insbesondere für die Pumpspeicherkraft ging nach dem ersten Weltkrieg vom damals größten Thüringer Industrieunternehmen, den Carl-Zeiss-Werken in Jena, aus. Neben der Entwicklung eigener Wasserkraftwerke für die Stromproduktion, so z.B. des Spitzenlastkraftwerkes Wisenta, wurde durch die Carl-Zeiss-Werke und dessen Geschäftsführer Prof. Dr. Rudolf Straubel beim 1920 gegründeten Land Thüringen maßgeblich auf den Bau der Talsperre Bleiloch und deren Nutzung als Pumpspeicherkraftwerk hingewirkt. Der Bau der Talsperren Bleiloch (Oberbecken) und Burgkhammer (Unterbecken) fand in den Jahren 1926 bis 1932 als Teil der Notstandsarbeiten in Zeiten der Wirtschaftskrise zwischen den Weltkriegen statt.

Neben der Mitunterstützung des Baus der Bleiloch-Talsperre entwickelte die Carl-Zeiss AG auch eigene Wasserkraftprojekte entlang der Saale, darunter insbesondere das Wisenta-Kraftwerk. In seiner ersten Ausbaustufe (Bauzeit 1919-1920) wurde ein Sperrwerk in der Wisenta und eine Überleitung (Stollen und Freileitung) zur Saale zur Nutzung der Höhendifferenz von ca. 60 m zwischen den beiden Tälern gebaut. Im zugehörigen Wasserkraftwerk wurden damals die ersten schnelllaufenden Wasserturbinen Deutschlands eingebaut. In der zweiten Ausbaustufe (1933 bis 1934) wurde durch Ersatz des Sperrwerkes durch eine Talsperre an der Wisenta aus dem Laufwasserkraftwerk ein Spitzenlastkraftwerk. Durch Bau einer Talsperre an der Saale (Talsperre Walsburg) in der 3ten Ausbaustufe 1938/39 und durch Einbau damals modernster Maschinentechnik wurde aus dem Spitzenlastkraftwerk das Pumpspeicherkraftwerk Wisenta. Bei seiner Inbetriebnahme im Jahr 1939 war dieses das erste vollautomatisch gesteuerte Pumpspeicherkraftwerk Europas. Aufgrund seiner geringen Leistung wird das PSW Wisenta seit 1992 jedoch nur noch als Laufwasserkraftwerk betrieben.

Auch die zweite große Talsperre an der Saale, die Hohenwartetalsperre, wurde von Beginn an mit einem zugehörigen Unterbecken geplant und neben ihrer Hauptaufgabe – dem Hochwasserschutz für die Saaleunterlieger – als Pumpspeicherkraftwerk betrieben.

Mit dem Oberbecken Amalienhöhe wurde im Jahr 1966 erstmals eine Bergkuppe entlang der Saale-Kaskade als Oberbecken für das Pumpspeicherkraftwerk Hohenwarte II genutzt (siehe Abbildung 1). Damit konnte in Thüringen eine Fallhöhe von ca. 300 m realisiert werden. Das Pumpspeicherkraftwerk Hohenwarte II war damals das leistungsstärkste Pumpspeicherkraftwerk in der DDR.



Abbildung 1: Pumpspeicherkraftwerk Hohenwarte II
(Quelle: Hydroprojekt Ingenieurgesellschaft mbH)

Durch die Bündelung von Kompetenzen im Talsperrenbau in Weimar zu Zeiten der DDR wurden aber auch weitere Pumpspeicherkraftwerke in Ostdeutschland in Thüringen mitgeplant, wie das PSW Markersbach im Erzgebirge und das PSW Wendefurth im Harz.

Schon zu DDR-Zeiten wurde der Standort Goldisthal als geeigneter Standort für ein Pumpspeicherkraftwerk identifiziert und die ersten Vorbereitungen für den Bau getroffen. Mit der Wiedervereinigung veränderten sich die Rechts- und Besitzverhältnisse, und es wurde durch den neuen Energieversorger für den Standort ein Planfeststellungsverfahren nach aktuellen Rechtsvorgaben durchgeführt. Dieses Verfahren wurde im Jahr 1996 erfolgreich abgeschlossen, und im Jahr 2003 konnte das PSW Goldisthal nach siebenjähriger Bauzeit den Betrieb aufnehmen. Abbildung 2 zeigt ein Luftbild über die Speicherbecken des PSW Goldisthal. In Abbildung 3 sind die wesentlichen baulichen Komponenten des PSW Goldisthal dargestellt.

Die Verzögerungen durch die Umbrüche in den Jahren 1989/1990 boten die Chance, für die hydraulischen und elektrischen Maschinen neue Technologien zum Einsatz zu bringen. So wurde das PSW Goldisthal weltweit das erste PSW seiner Leistungsklasse mit Asynchrontechnologie und drehzahlvariablen Maschinen. Damit war es möglich, bisher nicht erreichbare Wirkungsgrade zu realisieren und erstmals auch eine Leistungsregelung im Pumpbetrieb zu ermöglichen. Damit kamen auch zum ersten Mal in Thüringen Pumpturbinen zum Einsatz (Pumpe und Turbine in einem Bauteil). In Abbildung 4 ist schematisch die ursprüngliche Maschinenanordnung mit separater Pumpe und Turbine, in Abbildung 5 ein Maschinensatz mit Pumpturbine dargestellt. Daraus ist ersichtlich, dass durch den Einsatz von Pumpturbinen kleinere Bauteile, kürzere Wasserwege und eine geringere Anzahl von Armaturen möglich werden.

Das PSW Goldisthal ist derzeit das leistungsstärkste Wasserkraftwerk in Deutschland. Es ist auch das erste Pumpspeicherkraftwerk in Thüringen, bei welchem die Verbindungsleitungen zwischen Ober- und Unterbecken sowie die Maschinenhalle vollkommen unterirdisch angelegt wurden. Damit kamen hier die zwischenzeitlichen Fortschritte in der untertägigen Ausbruch- und Sicherungstechnik zur Einsatz.



**Abbildung 2: Luftbild der Speicherbecken des Pumpspeicherkraftwerkes Goldisthal
(Quelle: Vattenfall Europe AG)**



Abbildung 3: Luftbild des PSW Goldisthal mit Darstellung der wesentlichen Komponenten
(Quelle: Vattenfall Europe AG)

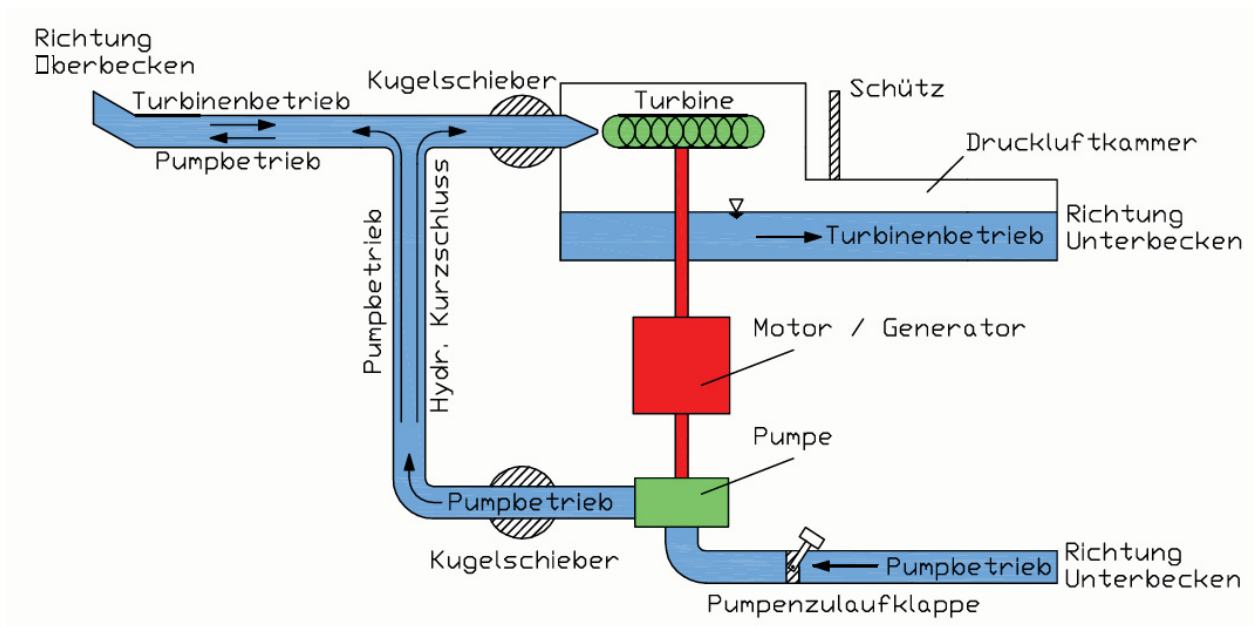


Abbildung 4: Prinzipdarstellung eines Maschinensatzes mit separater Pumpe und Turbine (3-Maschinensatz), mit zugehörigen Armaturen und Wasserwegen
(Quelle: Hydroprojekt Ingenieurgesellschaft mbH)

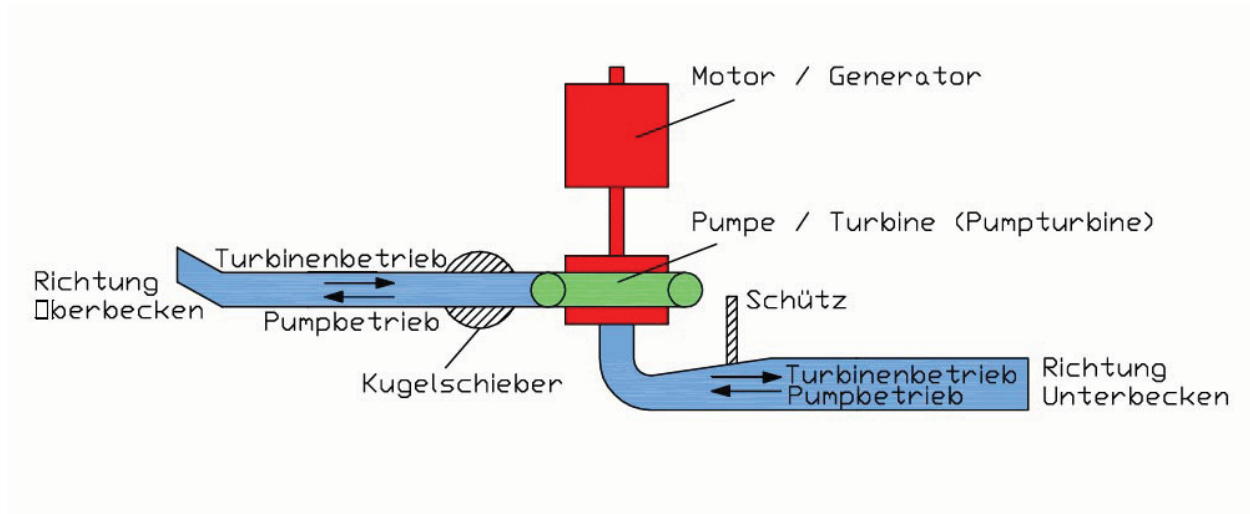


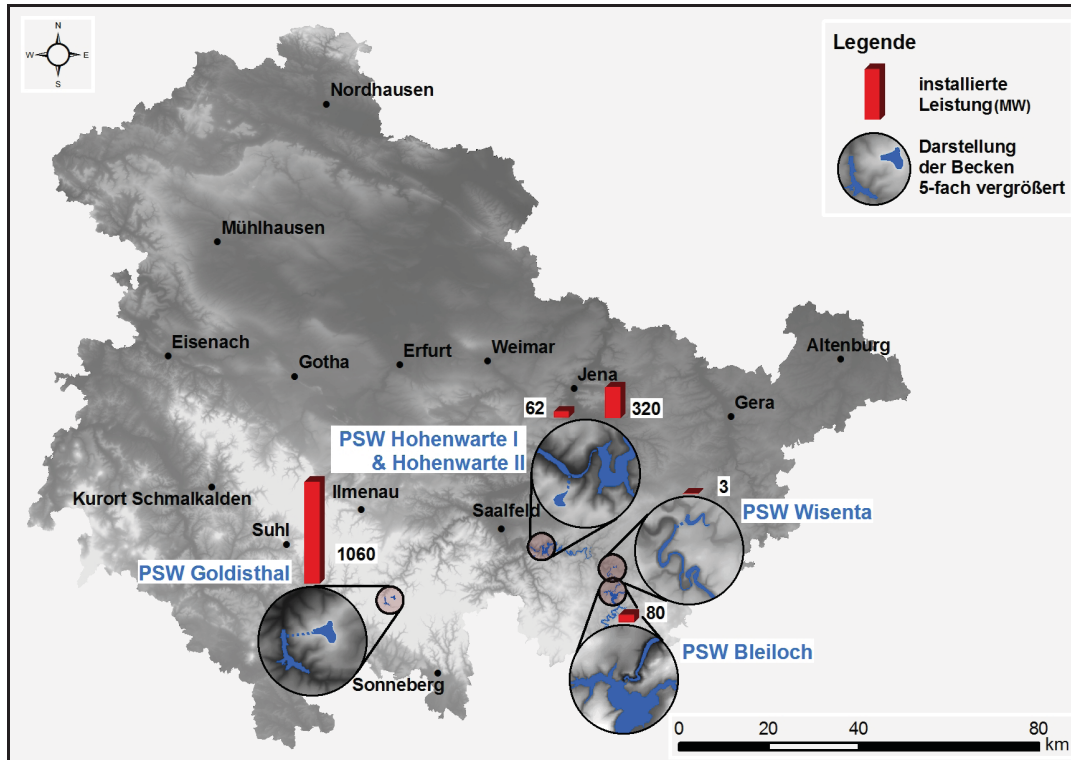
Abbildung 5: Prinzipdarstellung einer Pumpturbine mit einem Motorgenerator, mit zugehörigen Armaturen und Wasserwegen
(Quelle: Hydroprojekt Ingenieurgesellschaft mbH)

Der Freistaat Thüringen verfügt somit derzeit über 5 Pumpspeicherkraftwerke (siehe Abbildung 6) und ist einer der wesentlichen Anbieter von Pumpspeicherenergie in Deutschland. Die wesentlichen Kenndaten dieser Anlagen sind in Tabelle 3 zusammengestellt. Durch den Bau und Betrieb dieser Anlagen ist der Freistaat auch einer der maßgeblichen Know-How-Träger in der Pumpspeichertechnologie.

Die Pumpspeicherkraftwerke sind in der Bevölkerung stark verankert. Insbesondere das PSW Goldisthal ist ein Besuchermagnet für die gesamte Region. Die Pumpspeicherkraftwerke sind ein Garant für die stabile Stromversorgung in Thüringen, was zum Beispiel die verlässliche Stromversorgung bei Naturereignissen wie dem Orkan Kyrill im Jahr 2007 gezeigt hat. Die Gemeinden, auf deren Flächen die bestehenden PSW gebaut wurden, würden darauf nicht mehr verzichten wollen. So profitiert die Gemeinde Goldisthal z.B. von einem verbesserten Hochwasserschutz. Durch die ökologischen Ausgleichsmaßnahmen aus dem Bau des PSW Goldisthal konnten auch viele negative Wirkungen aus früherer menschlicher Tätigkeit (insbesondere Gewässerverbauungen und -verrohrungen) wieder rückgängig gemacht werden.

Name	Leistung	Kapazität	Bauzeit	Inbetriebnahme
	MW	MWh		
PSW Goldisthal	1.060	8.480	1997 -2003	2003
PSW Hohenwarte II	320	2.087	1956 -1966	1966
PSW Bleiloch	80	753	1926 -1932	1932
PSW Hohenwarte I	62	795	1936 -1945	1945
PSW Wisenta	3,3	0	1933 -1939	1939
Gesamtleistung	1.525	12.115		
Gesamtleistung in Deutschland	6.674	37.700		
Anteil Thüringen	23 Prozent	32 Prozent		

Tabelle 3: Bestehende Pumpspeicherkraftwerke in Thüringen



© GeoBasisDE / TLVermGeo , Gen.-Nr. :20/2011

Abbildung 6: Bestehende Pumpspeicherkraftwerke in Thüringen

(Quelle: Hydroprojekt Ingenieurgesellschaft mbH, Datengrundlage: Thüringer Landesamt für Vermessung und Geoinformation)

1.4 Potenzialstudie für Thüringen

Pumpspeicherkraftwerke sind bereits jetzt in der Wasser- und Energiewirtschaft Thüringens fest verankert. Es wird davon ausgegangen, dass Thüringen auch in Zukunft einen wesentlichen Beitrag zur Deckung des steigenden Bedarfs an Energiespeichern leisten kann. Ziel dieser Studie ist es deshalb, zu ermitteln, in welchen Regionen günstige Bedingungen für den Bau von neuen Pumpspeicherkraftwerken vorliegen. Dazu gehören günstige topographische, geologische und hydrologische Bedingungen sowie eine möglichst geringe Anzahl von Konflikten mit bestehenden Nutzungen und mit der Umwelt. Es soll dabei auch geprüft werden, ob bestehende Speicherseen als Teil eines Pumpspeicherkraftwerkes umgenutzt werden können.

Zudem wird abgeschätzt, welches Potenzial für Pumpspeicherkraft in Thüringen an dafür geeigneten Standorten besteht.

2 Methodik

Als Grundlage für die Ermittlung des Potenzials für neue Pumpspeicherkraftwerke in Thüringen wurde ein Kriterienkatalog erarbeitet. Darin wird unterschieden zwischen Kriterien, die ein Standort zwingend erfüllen muss (Muss-Kriterien), und Kriterien, die für die Beurteilung der Eignung eines Standortes wesentlich sind (Kann-Kriterien).

Mit Hilfe der Muss-Kriterien oder umgekehrt Ausschlusskriterien wurden die Regionen eingegrenzt, die für den Bau von Pumpspeicherkraftwerken in Frage kommen.

Das primäre Kriterium für den Bau eines Pumpspeicherkraftwerkes ist eine geeignete Topographie. Mögliche Flächen für Pumpspeicherkraftwerke werden deshalb mit Hilfe einer Reliefanalyse computergestützt identifiziert. Die gefundenen Bereiche werden mit Hilfe der Kann-Kriterien einer ersten Bewertung unterzogen. Dabei werden unterschiedliche Szenarien für die Wertung verwendet, um eine möglichst objektive Auswahl geeigneter Standorte zu treffen.

Die auf diese Weise als günstig beurteilten Standorte werden in einem nächsten Schritt vertieft untersucht. Dazu werden mögliche Talsperren modelliert, die speicherbaren Wasservolumina ermittelt und die zu erwartenden Konflikte konkretisiert. Auf Grundlage zusätzlicher Kriterien wird beurteilt, ob sich ein Standort tatsächlich eignet. Dadurch wurde die Auswahl weiter eingegrenzt. Aus der verbliebenen Auswahl von Sperrenstandorten wurden dann die besten Kombinationen von Ober- und Unterbecken ermittelt und daraus das realisierbare Potenzial für neue Pumpspeicherkraftwerke in Thüringen abgeschätzt. Das Ergebnis sind somit bezüglich Topographie, Geologie und Hydrologie geeignete, konfliktarme potenzielle Standorte für neue Pumpspeicherkraftwerke in Thüringen. Diese erste Bewertung ersetzt jedoch nicht die erforderlichen Recherchen und Prüfungen, die im Vorfeld eines konkreten Vorhabens zu leisten sind.

Das Verfahren für die Standortauswahl ist in vereinfachter Weise in Abbildung 7 dargestellt.

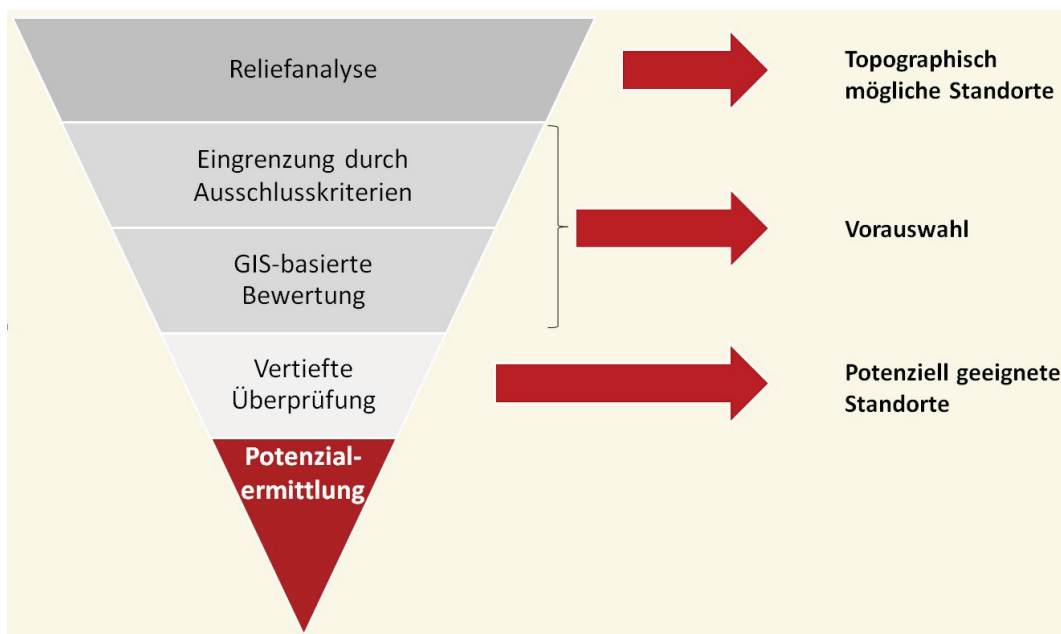


Abbildung 7: schematische Darstellung der Arbeitsschritte
(Quelle: Hydroprojekt Ingenieurgesellschaft mbH)

Dieses Vorgehen wird auf analoge Weise auch für Standorte an bestehenden Talsperren verwendet. Dem voraus geht eine Prüfung der bestehenden Talsperren in Thüringen dahingehend, ob sie sich für die Anlage eines Pumpspeicherkraftwerkes eignen und ob keine konkurrierenden Nutzungen dem entgegenstehen.

Nachfolgend werden der aufgestellte Kriterienkatalog und die weiteren Arbeitsschritte ausführlicher erläutert.

2.1 Kriterienkatalog

Für die Beurteilung der Eignung eines Standortes wurden die folgenden Kriterien herangezogen:

1. Topographische Eignung
2. Geologie
3. Wasserdargebot
4. Anbindung an das Stromnetz
5. Konflikte mit bestehenden Nutzungen
6. Umwelt
7. Akzeptanz

Eine Übersicht der Kriterien mit ihren zugehörigen Indikatoren, auf deren Grundlage die Standorte beurteilt werden, ist in Tabelle 4 dargestellt.

Kriterien	Indikatoren
Topographische Eignung	<ul style="list-style-type: none"> - Fallhöhe - Arbeitsvolumen - Horizontaldistanz - Flächenbedarf - Form/Ebenheit Oberbecken
Geologie	<ul style="list-style-type: none"> - Standsicherheit - Durchlässigkeit - Eignung für untertägigen Ausbruch
Wasserdargebot	<ul style="list-style-type: none"> - Verhältnis Wasserdargebot zu Nutzwassermenge
Anbindung an das Stromnetz	<ul style="list-style-type: none"> - Entfernung Hochspannungsnetz - Entfernung Höchstspannungsnetz
Bestehende Nutzungen	<ul style="list-style-type: none"> - einzelne Siedlungs- und Infrastrukturobjekte - Straßen - Eisenbahn - Rohrleitungen - Flughafen/-feld - Militärgelände - Kulturelles Erbe
Umwelt	<ul style="list-style-type: none"> - FFH-Gebiete (siehe Text) - SPA-Gebiete (siehe Text) - Naturschutzgebiete - Naturdenkmale - Biosphärenreservate - Wasser-/Heilquellenschutzgebiete - Landschaftsschutzgebiete - Naturparks - Nationalparks
Akzeptanz	<ul style="list-style-type: none"> - maßgebliche bekannte Konflikte mit gegenläufigen Interessen

Tabelle 4: Kriterienkatalog und Indikatoren für die Bewertung der Standorte

Topographische Eignung

Bezüglich der topographischen Eignung gibt es Mindestkriterien, die eingehalten werden müssen, damit ein Standort überhaupt für die Anlage eines Pumpspeicherkraftwerkes in Frage kommt. Die topographische Eignung wurde anhand folgender Gesichtspunkte beurteilt:

- Nutzbare Fallhöhe zwischen Ober- und Unterbecken,
- Horizontaler Abstand zwischen Ober- und Unterbecken,
- Nutzbare Pendelwassermenge zwischen Ober- und Unterbecken, abhängig von den für die Becken verfügbaren Flächen und der nutzbaren Stauhöhe,
- Flächenbedarf,
- Form und Ebenheit des Geländes im Bereich des Oberbeckens.

Der Flächenbedarf wurde als Kriterium aufgenommen, da Anlagen mit großem Leistungspotenzial bei geringem Flächenbedarf bevorzugt werden sollen.

Als Mindestbedingungen bzw. Muss-Kriterien wurden formuliert:

- Fallhöhe mindestens 100 m,
- Abstand zwischen Ober- und Unterbecken maximal 5000 m,
- Mindestleistung 200 MW, daraus abgeleitet Vorgaben für die Mindestflächengröße.

Geologie

Für die Beurteilung der geologischen Eignung wurde die Geologie Thüringens in 16 übergeordnete geologische Formationen zusammengefasst. Diese geologischen Großstrukturen wurden auf ihre Eignung hinsichtlich des Baus von Talsperren und insbesondere Pumpspeicherkraftwerken geprüft. In diese Prüfung sind ca. 40 Jahre Erfahrung aus der Planung und dem Bau von Talsperren in Thüringen eingeflossen. Die Prüfung erfolgte hinsichtlich

- der Standsicherheit des Gebirges für den Abtrag der Lasten,
- der Durchlässigkeit,
- der Eignung für den untertägigen Ausbruch (Verbindungsleitungen zwischen Ober- und Unterbecken, Maschinenkavernen etc.).

Gebiete, die aus geologischer Sicht als problematisch beurteilt wurden, wurden aus der weiteren Recherche ausgeschlossen.

Wasserdargebot

Das Wasserdargebot ist entscheidend, um das erforderliche Wasservolumen für den Betrieb erreichen zu können. Ist das Wasserdargebot zu gering, kann es Jahre dauern, bis ein Pumpspeicherkraftwerk in Betrieb gehen kann. Das Wasserdargebot ist auch wichtig für den Ausgleich zu erwartender Verluste (Versickerung, Verdunstung, ggf. Trockenwetterreserve).

Anbindung an das Stromnetz

Pumpspeicherkraftwerke müssen – je nach Leistung – an das Höchst- oder zumindest an das Hochspannungsnetz angeschlossen werden. Da mit dem Bau neuer Hoch- und Höchstspannungsleitungen weitere Konflikte auftreten und wesentliche zusätzliche Kosten entstehen, stellt der Abstand eines potenziellen Pumpspeicherkraftwerkes zum bestehenden Leitungsnetz ein wesentliches Beurteilungskriterium dar.

Konflikte mit bestehenden Nutzungen

Aufgrund ihres Raumbedarfs können Pumpspeicherkraftwerke Konflikte mit bestehenden Nutzungen mit sich bringen.

Siedlungsgebiete – mit einer ausreichenden Pufferzone – bilden grundsätzlich ein Ausschlusskriterium. Bestehende Siedlungen haben Vorrang vor dem Bau neuer Kraftwerke. Zudem ist festzustellen, dass es ausreichend gute Standorte außerhalb von Siedlungsgebieten gibt.

Des Weiteren werden Konflikte mit Verkehrswegen, Infrastrukturen sowie mit schutzwürdigen Objekten früherer menschlicher Tätigkeit (Archäologie, Denkmalschutz) erfasst und bewertet.

Umwelt

Durch den Flächenbedarf sind Umweltgüter zwangsläufig vom Bau neuer Pumpspeicherkraftwerke betroffen. Um dies zu berücksichtigen, wurde bereits bei den Topographischen Kriterien der Flächenumgriff als eigenständiges Kriterium formuliert. Rechtlich besonders geschützte Umweltgüter besitzen jedoch eine höhere Wertigkeit und sind gesondert zu betrachten. Zu diesen besonders geschützten Umweltgütern gehören:

- FFH-Gebiete (Flora-Fauna-Habitat, Teil des NATURA 2000-Netzwerkes)
- EU-Vogelschutzgebiete (Special Protected Area – SPA, Teil des NATURA 2000-Netzwerkes)
- Naturschutzgebiete
- Wasser-/Heilquellenschutzgebiete
- Biosphärenreservate
- Naturdenkmäler
- Landschaftsschutzgebiete
- Nationalparks und Naturparks

FFH-Gebiete und SPA-Gebiete sind an die EU gemeldete Schutzgebiete im Rahmen des europaweiten NATURA 2000-Netzwerkes. Maßnahmen, die den Schutzstatus dieser Gebiete in Frage stellen, müssen durch die EU genehmigt werden, was nur mit Ausnahmeregelungen möglich ist. FFH-Gebiete umfassen dabei ein weiter gefasstes Habitat- und Artenspektrum als SPA-Gebiete, wodurch eine Ausnahmeregelung schwerer zu erreichen ist. Flächige Überschneidungen mit FFH-Gebieten bewirken deshalb den Ausschluss eines Standortes, während randliche Berührungen im Rahmen der Standortauswahl toleriert werden.

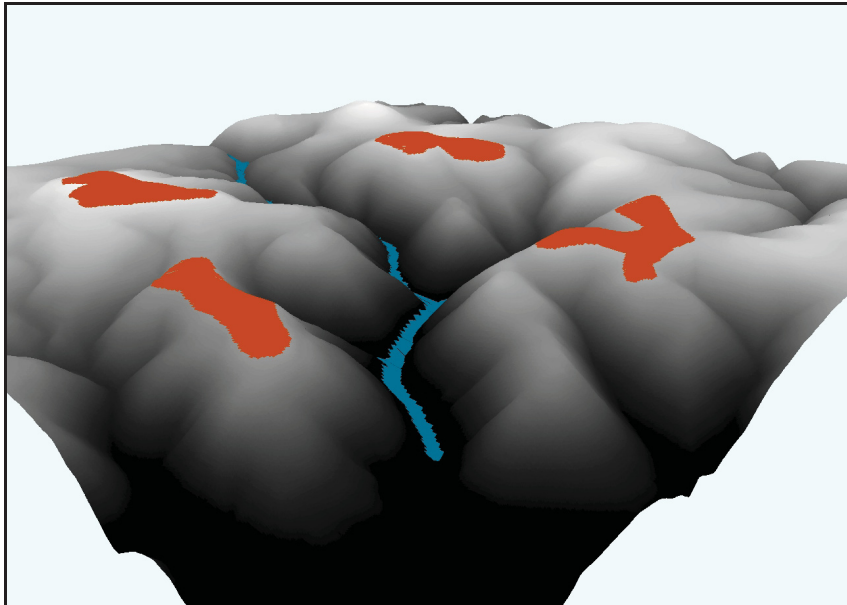
Bei den übrigen Umweltgütern ist standortbezogen zu prüfen, ob ein erforderlicher Eingriff ausgeglichen werden kann. Dies hat im Rahmen eines konkreten Vorhabens zu erfolgen. Im Rahmen dieser Studie wird lediglich das Vorhandensein von Konflikten mit den erwähnten Umweltgütern geprüft und gewertet.

Akzeptanz

Hier wird geprüft, ob nach derzeitigem Kenntnisstand für einen Standort schwerwiegende Bedenken bezüglich der öffentlichen Akzeptanz bestehen. Dies ist zum Beispiel dann der Fall, wenn in der betreffenden Region eine konkurrierende Nutzung beabsichtigt ist. Standorte, an denen schwerwiegende Bedenken hinsichtlich der Akzeptanz bestehen, werden deshalb ausgeschlossen.

2.2 GIS-basierte Standortsuche und –bewertung

Es erfolgt eine computergestützte Analyse des Reliefs, um topographisch geeignete Standorte zu identifizieren. Dazu wurden Vorgaben bezüglich der Ebenheit des Geländes, der vorhandenen Höhendifferenzen in einem vordefinierten Umfeld und der Mindestflächengrößen formuliert und mit diesen Vorgaben das Digitale Geländemodell (DGM) des Freistaates Thüringen analysiert. Die auf diese Weise gefundenen Bereiche für Ober- und Unterbecken sind exemplarisch an einem Auszug aus dem DGM in Abbildung 8 dargestellt.



© GeoBasisDE / TLVermGeo , Gen.-Nr. :20/2011

Abbildung 8: Ergebnis der Reliefanalyse (Beispiel; orange: für Oberbecken geeignete Flächen; blau: für Unterbecken geeignete Flächen).

(Quelle: Hydroprojekt Ingenieurgesellschaft mbH, Datengrundlage: Thüringer Landesamt für Vermessung und Geoinformation)

Aus den gefundenen Bereichen werden diejenigen ausgeschnitten, für welche Ausschlusskriterien formuliert wurden (geologisch ungeeignete Gebiete, Siedlungsgebiete, FFH-Gebiete).

Für die verbliebenen Standorte wurden sämtliche möglichen Zuordnungen (Kombinationen) von Ober- und Unterbecken ermittelt, welche die topographischen Mindestanforderungen erfüllen. Diese möglichen Zuordnungen wurden im Anschluss anhand der oben aufgeführten Kriterien bewertet. Dazu wurden GIS-basiert (GIS: Geographisches Informationssystem) die aufgetretenen Überschneidungen mit bestehenden Nutzungen und mit Schutzgütern ermittelt. Daraus und aus den topographischen Daten eines Standortes wurde der Grad der Zielerfüllung bzw. der Betroffenheit bestimmt.

Für die Bewertung wurden die einzelnen Kriterien gegeneinander abgewogen. Diese Abwägung erfolgte auf Grundlage unterschiedlicher Wertungsszenarien (siehe Abbildung 9). Die Szenarien wurden auf der Basis langjähriger Erfahrungen aus der Planung von Pumpspeicherkraftwerken der an der Studie beteiligten Akteure erstellt. Als grundsätzlich geeignet wurden Standorte betrachtet, die bei sämtlichen Szenarien gut abschneiden.

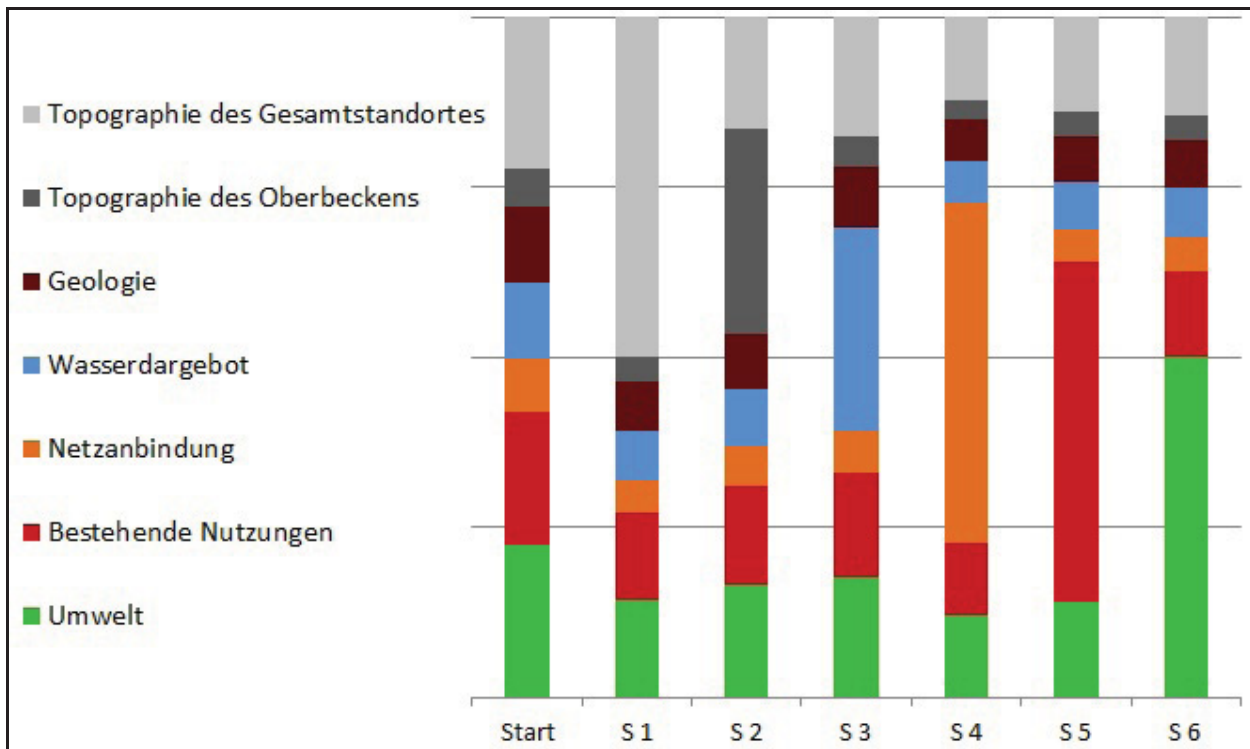


Abbildung 9: Wertungsszenarien für die Auswahl geeigneter Standorte
(Quelle: Hydroprojekt Ingenieurgesellschaft mbH)

2.3 Vertiefte Überprüfung geeigneter Standorte

Diese Standorte wurden nun vertieft untersucht. Dabei standen folgende Fragestellungen im Vordergrund:

- Sind die erforderlichen Talsperren technisch machbar und damit die notwendigen Wasservolumina tatsächlich realisierbar?
- Gibt es schwerwiegende Konflikte, die in der GIS-basierten Analyse nicht ausreichend Berücksichtigung fanden und eine Umsetzung unrealistisch erscheinen lassen? Dazu gehören z.B. Eisenbahnlinien im Talgrund, welche nicht ohne großen technischen Aufwand bzw. mit erheblichen Streckenverlängerungen verlegt werden können.
- Sind die Wasserwege (Verbindungsleitungen zwischen Ober- und Unterbecken) technisch machbar? Hier wird z.B. geprüft, ob sich zwischen Ober- und Unterbecken keine tiefen Tallagen befinden, deren Querung technisch und wirtschaftlich zu riskant wäre.
- Können durch eine Modifikation der Standorte (z.B. Verschiebung von Sperrenstandorten, Verkleinerung der genutzten Flächen) wesentliche Konflikte vermieden werden?

Als Grundlage für diese Untersuchungen wurden konkrete Standorte für die Absperrbauwerke der Unterbecken gesucht und modelliert. Es erfolgte eine Bestimmung der Länge und Höhe der Absperrbauwerke sowie eine erste Berechnung einer Stauinhaltslinie (Verhältnis von Wasserstand zu gestautem Wasservolumen). Auch die Ausdehnung der resultierenden maximalen Wasserfläche und die sich daraus ergebenden möglichen Konflikte wurden genauer ermittelt.

Dadurch wurde die Anzahl möglicher Standorte weiter eingegrenzt. Einige Standorte wurden verkleinert, um Konflikte zu minimieren. Die resultierenden topographischen Daten sowie die Zielerreichung für die übrigen Bewertungskriterien wurden erneut ermittelt und daraus ein Ranking der geeigneten Standorte erstellt.

Im Anschluss wurden aus dem Ranking die besten Kombinationen von Ober- und Unterbecken herausgefiltert und zusammengestellt, so dass für die Potenzialermittlung jede Anlage nur einmal betrachtet wird. Aus den resultierenden Anlagen wurde das verfügbare Potenzial bestimmt.

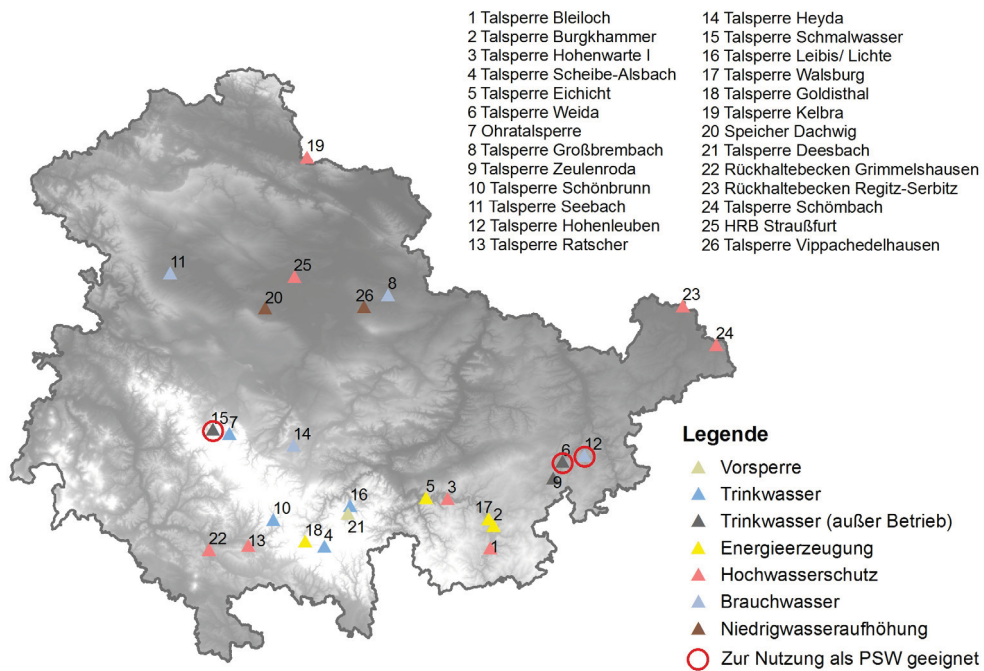
2.4 Identifikation von Standorten an bestehenden Talsperren

Für mögliche Standorte von Pumpspeicherkraftwerken an bestehenden Talsperren wurde im Grundsatz dieselbe Methodik angewandt wie für neue Standorte. Für die Bewertung der Standorte wurden dieselben Kriterien herangezogen, wobei die Gewichtung leicht verändert wurde. So spielt bei bestehenden Talsperren das Wasserdargebot eine geringere Rolle als bei neuen Standorten, da die Talsperren bereits gefüllt sind. Ebenso wurde die Mindestleistung auf 50 MW reduziert, da die Investitionskosten geringer ausfallen werden und damit die Rentabilitätsschwelle tiefer liegt.

Zusätzlich muss aber für jede bestehende Talsperre geprüft werden, ob eine zusätzliche Nutzung als Becken eines Pumpspeicherkraftwerkes überhaupt möglich ist oder ob die örtlichen Gegebenheiten und die bestehenden Aufgaben der Talsperre dem entgegenstehen.

Als Grundvoraussetzung wurde ein Speicherinhalt von mindestens 2 Mio. m³ formuliert, da ansonsten die erforderlichen Mindestleistungen für einen wirtschaftlichen Betrieb nicht erreicht werden können.

Im Thüringer Talsperrenregister werden 191 Talsperren geführt. Von diesen weisen 26 Anlagen einen Staurauminhalt von 2 Mio. m³ und mehr auf (ohne die Oberbecken der bestehenden Pumpspeicherkraftwerke Goldisthal und Hohenwarte II). Ihre Lage ist in Abbildung 10 dargestellt.



© GeoBasisDE / TLVermGeo , Gen.-Nr. :20/2011

Abbildung 10: Talsperren Thüringens mit einem Staurauminhalt von mehr als 2 Mio. m³
(Quelle: Hydroprojekt Ingenieurgesellschaft mbH, Datengrundlage: Thüringer Landesamt für Vermessung und Geoinformation)

Trinkwassertalsperren können aufgrund der strengen Vorgaben an die Wasserqualität nicht genutzt werden. Trinkwassertalsperren müssen eine stabile Schichtung des Wassers aufweisen, welche durch den Pumpspeicherbetrieb gestört würde.

Bei Talsperren, die primär Hochwasserschutzfunktion aufweisen, bestehen Bedenken, ob diese Funktion bei Betrieb als Pumpspeicherkraftwerk noch gewährleistet werden kann. Aus rechtlicher Sicht wären hier Sondergenehmigungen für die doppelte Nutzung des Stauraumes zu erwirken. Ob dies möglich ist, ist äußerst fraglich.

Eine Nutzung erscheint möglich für Brauchwassertalsperren, Talsperren für die Niedrigwasseraufhöhung sowie für nicht mehr benötigte Trinkwassertalsperren. Nach derzeitigem Stand werden die Talsperren Weida, Zeulenroda und Schmalwasser nicht mehr für die Trinkwasserversorgung benötigt. Zu den Brauchwassertalsperren und Talsperren für die Niedrigwasseraufhöhung gehören die Talsperren Heyda, Hohenleuben, Seebach, Großbrembach, Dachwig und Vippachedelhausen.

Für die nicht mehr für die Trinkwasserversorgung genutzte Talsperre Zeulenroda ist bereits die touristische Erschließung in der Region angelaufen. Eine Umnutzung der Talsperre zu einem Pumpspeicherkraftwerk kommt deshalb nicht in Betracht.

Bei den Brauchwassertalsperren und Talsperren für die Niedrigwasseraufhöhung verfügt einzig die Talsperre Hohenleuben über geeignete Standorte für die Anlage von Oberbecken.

Somit kommen für die Nutzung als Unterbecken für ein Pumpspeicherkraftwerk derzeit nur die Talsperren

- **Schmalwasser**
- **Weida**

- **Hohenleuben**

in Frage. Für diese Standorte sind auch potenzielle Oberbecken verfügbar (siehe Tabelle 5).

Name	Stauinhalt Mio. m ³	Nutzung	potenzielle Oberbecken vorhanden?	Nutzbarkeit
Talsperre Bleiloch	212,9	Hochwasserrückhaltebecken	ja	eingeschränkt
Talsperre Hohenwarte I	181,0	Hochwasserrückhaltebecken	ja	eingeschränkt
Talsperre Leibis/Lichte	38,9	Trinkwasser	ja	nein
Talsperre Kelbra	35,6	Hochwasserrückhaltebecken	nein	nein
Talsperre Zeulenroda	31,3	Trinkwasser außer Betrieb, touristische Nutzung anvisiert	ja	nein
Talsperre Schönbrunn	23,9	Trinkwasser	ja	nein
Talsperre Schmalwasser	20,5	Trinkwasser außer Betrieb	ja	ja
HRB Straußfurt	18,6	Hochwasserschutz	nein	nein
Ohratalsperre	18,1	Trinkwasser	ja	nein
Talsperre Goldisthal	17,9	PSW	ja	eingeschränkt
Talsperre Weida	9,9	Trinkwasser außer Betrieb	ja	ja
Talsperre Schömbach	7,7	Brauchwasser, Hochwasserschutz	nein	nein
Rückhaltebecken Regitz-Serbitz	5,9	Hochwasserrückhaltebecken	nein	nein
Talsperre Burgkhammer	5,7	Wasserkraft	ja	eingeschränkt
Talsperre Eichicht	5,1	Wasserkraft	ja	eingeschränkt
Talsperre Heyda	5,0	Brauchwasser	nein	nein
Talsperre Hohenleuben	5,0	Brauchwasser	ja	ja
Talsperre Seebach	5,0	Brauchwasser	nein	nein
Talsperre Ratscher	4,7	Hochwasserrückhaltebecken	nein	nein
Talsperre Deesbach	3,2	Trinkwasser Rohwasser	nein	nein
Talsperre Großbrembach	2,8	Brauchwasser	nein	nein
Talsperre Walsburg	2,6	Wasserkraft	ja	eingeschränkt
Rückhaltebecken Grimmelshausen	2,3	Hochwasserrückhaltebecken	nein	nein
Talsperre Scheibe-Alsbach	2,1	Trinkwasser	nein	nein
Speicher Dachwig	2,1	Niedrigwasseraufhöhung	nein	nein
Talsperre Vippachedelhausen	2,0	Niedrigwasseraufhöhung	nein	nein

Tabelle 5: Bestehende Talsperren in Thüringen mit einem Staurauminhalt größer 2 Mio. m³

Denkbar wäre neben dem Bau neuer Oberbecken auch, bestehende Talsperren in unmittelbarer Nachbarschaft miteinander zu verbinden und auf diese Weise ein Pumpspeicherkraftwerk zu errichten. Diesbezügliche Studien wurden z. B. für eine Verbindung der Talsperren Tambach-Dietharz und Schmalwasser oder Weida und Zeulenroda erstellt. Diese ergaben aber, dass aufgrund der geringen Fallhöhen die Wirkungsgrade zu gering und die Kosten im Vergleich zum Ertrag zu hoch sind.

3 Ergebnisse

Die Ergebnisse der Potenzialanalyse bestätigen, dass der Freistaat Thüringen einen wesentlichen Beitrag zur Bereitstellung von Pumpspeicherenergie für Deutschland leisten kann.

Die Vielzahl topographisch möglicher Standorte (sowohl an neuen Standorten als auch an bestehenden Talsperren) wurde auf durch die topographischen Bedingungen prädestinierte und von geringem Konfliktpotenzial betroffene Standorte reduziert.

Das im Ergebnis ermittelte Kataster potenzieller Standorte für Pumpspeicherkraftwerke bietet interessierten Investoren eine solide Datenbasis für zukünftige Entscheidungen.

3.1 Potenzial für neue Anlagen

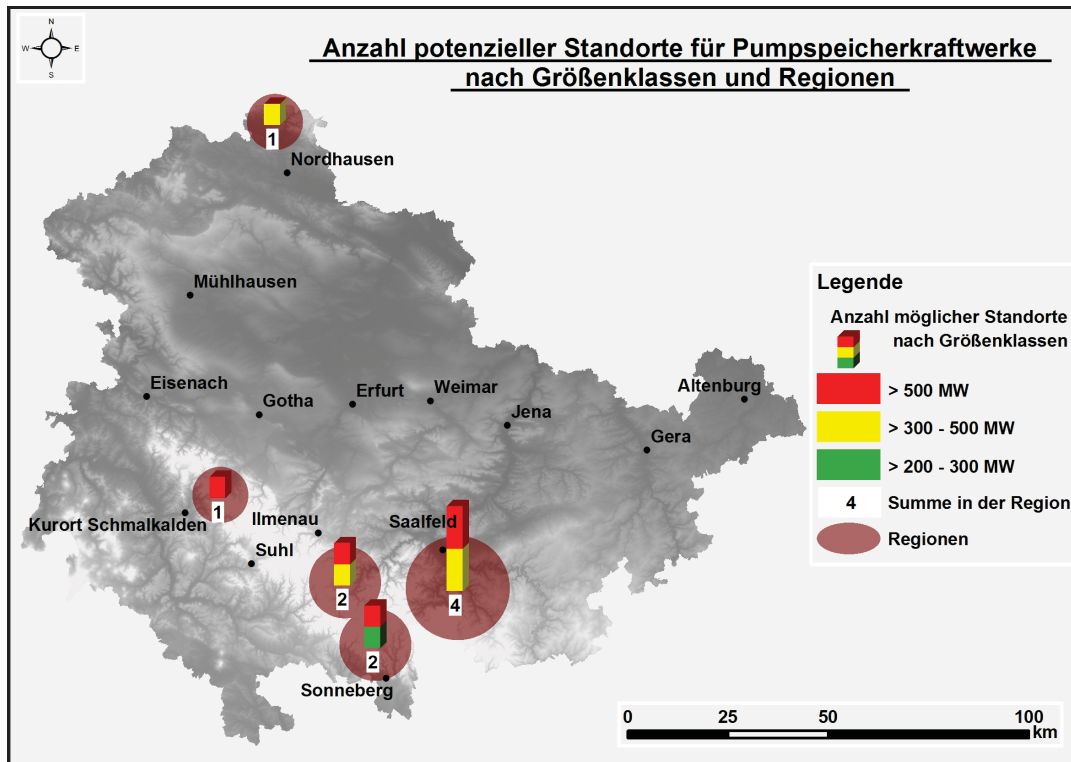
Insgesamt wurden 10 mögliche Anlagen eruiert. Aus diesen wurde das realisierbare Leistungspotenzial für Pumpspeicherkraftwerke in Thüringen ermittelt. Dieses realisierbare Potenzial wurde weiter unterteilt nach

- Leistungsklassen und
- Regionen

Die identifizierten Regionen mit Potenzial für die Anlage neuer Pumpspeicherkraftwerke konzentrieren sich auf die Mittelgebirgslagen des Freistaates. Abbildung 11 gewährt einen Überblick über die räumliche Verteilung, und über die zu erwartenden installierbaren Leistungen. Die zugehörigen Werte sind in Tabelle zusammengestellt.

Von den insgesamt 10 identifizierten Standorten befinden sich einer im westlichen Thüringer Wald, zwei im östlichen Thüringer Wald, einer im Südharz, vier im westlichen Schiefergebirge im Einzugsgebiet der Saale und zwei im südlichen Thüringer Schiefergebirge im Einzugsgebiet des Mains.

Der Vergleich der Regionen potenzieller Standorte untereinander zeigt, dass die größten Anlagen im Süden des Freistaates realisiert werden können.



© GeoBasisDE / TLVermGeo , Gen.-Nr. :20/2011

Abbildung 11: Anzahl potenzieller Standorte für Pumpspeicherkraftwerke nach Größenklassen und Regionen
(Quelle: Hydroprojekt Ingenieurgesellschaft mbH, Datengrundlage: Thüringer Landesamt für Vermessung und Geoinformation)

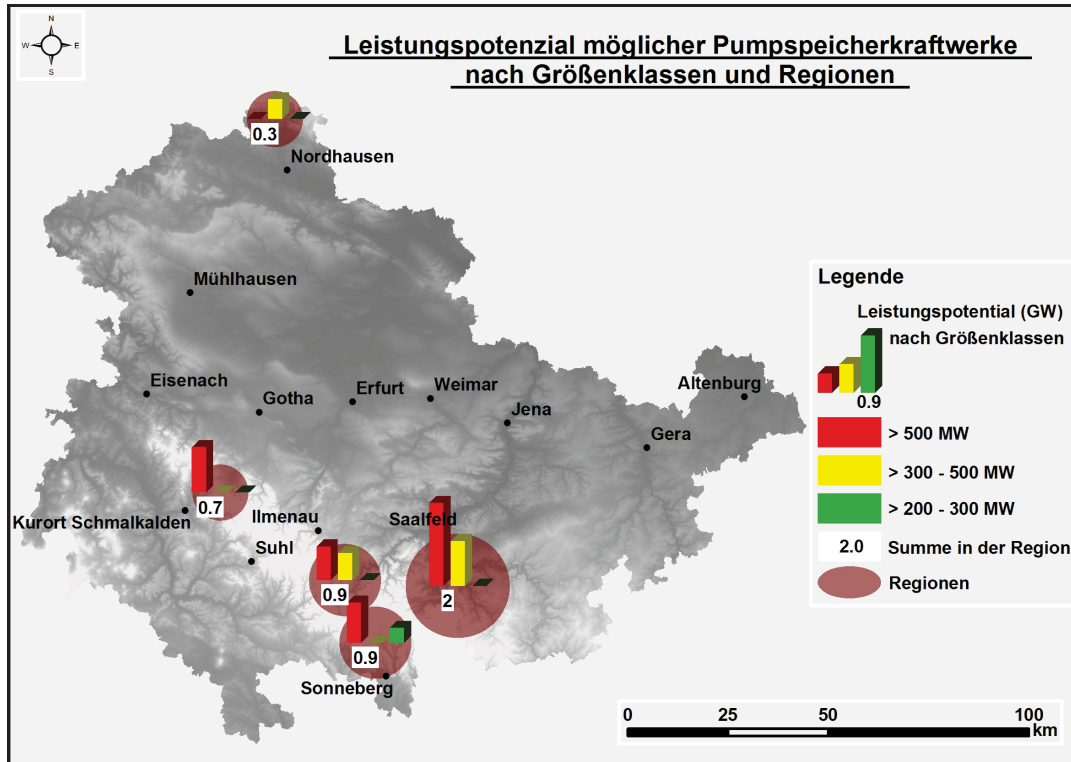
Region	Standort	Leistungs- klasse	> 200 – 300 MW	> 300 – 500 MW	> 500 MW
Südharz	Ellrich	Leistung [MW]		310	
		Arbeitsvermögen [GWh]		2.5	
Westlicher Thüringer Wald	Floh-Seligenthal	Leistung [MW]			710
		Arbeitsvermögen [GWh]			5.7
Östlicher Thüringer Wald	Altenfeld	Leistung [MW]			530
		Arbeitsvermögen [GWh]			4.2
	Großbreitenbach	Leistung [MW]		420	
		Arbeitsvermögen [GWh]		3.4	
Westliches Thüringer Schiefer- gebirge	Reschwitz	Leistung [MW]			540
		Arbeitsvermögen [GWh]			4.3
	Lothramühle	Leistung [MW]		320	
		Arbeitsvermögen [GWh]		2.6	
	Lehesten	Leistung [MW]			760
		Arbeitsvermögen [GWh]			6.1
	Leutenberg	Leistung [MW]		380	
		Arbeitsvermögen [GWh]		3.1	
Südliches Thüringer Schiefer- gebirge	Blechhammer	Leistung [MW]	230		
		Arbeitsvermögen [GWh]	1.9		
	Theuern	Leistung [MW]			630
		Arbeitsvermögen [GWh]			5.0
Thüringen gesamt		Anzahl	10		
		Leistung [MW]	4830		
		Arbeitsvermögen [GWh]	38.7		

Tabelle 6: Potenzial für neue Anlagen nach Standorten und Leistungsklassen

Hinweis: Summenabweichungen entstehen durch Rundungs- und Approximationsfehler.

Die Summe aller Vorzugsstandorte ergibt ein Leistungspotenzial von ca. 4,8 GW für Gesamt-Thüringen. Abbildung 12 zeigt, wie sich das Potenzial auf die einzelnen Regionen verteilt.

Erwartungsgemäß konzentriert sich der Großteil im Bereich des Thüringer Waldes und des Thüringer Schiefergebirges, wobei vor allem in der Region westliches Thüringer Schiefergebirge aufgrund der Anzahl geeigneter Standorte das größte Potenzial vorliegt.



© GeoBasisDE / TLVermGeo, Gen.-Nr. :20/2011

Abbildung 12: Leistungspotenzial möglicher Pumpspeicherkraftwerke nach Größenklassen und Regionen

(Quelle: Hydroprojekt Ingenieurgesellschaft mbH, Datengrundlage: Thüringer Landesamt für Vermessung und Geoinformation)

3.2 Potenzial an bestehenden Talsperren

Für die Ermittlung des Potenzials an bestehenden Talsperren wurde jeweils das Oberbecken ausgewählt, welches die günstigste Bewertung erreichte. Dies bedeutet, dass das ausgewählte Oberbecken günstige topographische Bedingungen aufweist bei gleichzeitig geringer Anzahl von Konflikten. Dabei handelt es sich nicht zwangsläufig um das Becken mit dem höchsten Leistungspotenzial.

Im Ergebnis zeigt sich, dass ein Potenzial von über 200 MW nur an der Talsperre Schmalwasser realisiert werden kann. Die Talsperren Weida und Hohenleuben bieten lediglich Potenziale von 50 bis ca. 100 MW. Die Lage dieser Talsperren und die erreichbaren Potenziale werden in Abbildung 13 veranschaulicht.

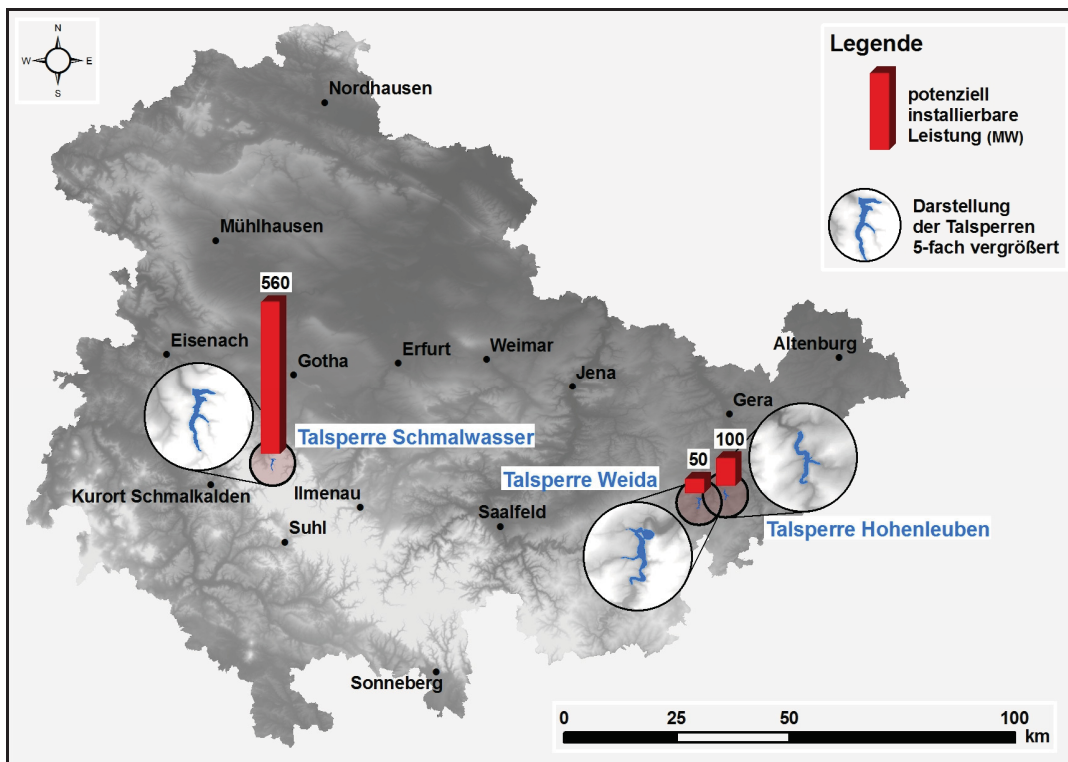
Talsperre Schmalwasser:

Die Talsperre Schmalwasser bietet sehr günstige Bedingungen für die Umnutzung als Pumpspeicherkraftwerk. Ehemals gebaut, um Rohwasser für die Trinkwasseraufbereitung zu speichern, steht die 1995 in Betrieb genommene Anlage gegenwärtig keiner Nutzung gegenüber.

Die topographischen Bedingungen sind vielversprechend. Beträchtliche Höhendifferenzen im Umland und für Oberbecken vorteilhafte flache Bergkuppen prädestinieren den Standort Schmalwasser für den Ausbau zum Pumpspeicherkraftwerk.

Für den Standort spricht auch das große maximale Stauvolumen von über 20 Mio. m³. Das Unterbecken von Goldisthal fasst vergleichsweise 17.9 Mio. m³.

Für die Talsperre Schmalwasser sind mehrere Ausbauvarianten denkbar. Die starke Unterscheidung potenzieller Oberbeckenstandorte hinsichtlich ihrer Größe und Höhenlage resultiert in einem breiten möglichen Leistungsspektrum des Standortes von ca. 300 MW bis über 900 MW. Die am günstigsten beurteilte Anlage bezüglich Topographie und Konflikten weist ein Leistungspotenzial von ca. 560 MW auf.



© GeoBasisDE / TLVermGeo , Gen.-Nr. :20/2011

Abbildung 13: Leistungspotenzial an bestehenden Talsperren

(Quelle: Hydroprojekt Ingenieurgesellschaft mbH, Datengrundlage: Thüringer Landesamt für Vermessung und Geoinformation)

Talsperren Weida und Hohenleuben:

Die Talsperren Weida und Hohenleuben eignen sich ebenfalls zum Ausbau als Pumpspeicherkraftwerk. Die Talsperre Weida kann aufgrund zu hoher Stoffeinträge nicht weiter als Trinkwasserspeicher genutzt werden, und kommt daher für eine Umnutzung in Frage. Die Talsperre Hohenleuben dient der Niedrigwassererhöhung der Leuba und Weida und könnte zusätzlich ein Pumpspeicherkraftwerk aufnehmen.

Aufgrund der begrenzten realisierbaren Fallhöhen im Umkreis der Talsperren fallen die zu erwartenden Leistungen hier deutlich geringer aus und liegen bei der Talsperre Weida bei max. 100 MW (Vorzugsstandort 50 MW) und bei der Talsperre Hohenleuben bei ca. 100 MW. Das zu erwartende geringe Konfliktpotenzial sowie das Vorhandensein einer bestehenden Talsperre als Unterbecken können das niedrige Leistungspotenzial möglicherweise aufwiegen.

3.3 Positive Wirkungen für die Regionen

Neben ihrem Beitrag für eine zukunftssichere und umweltverträgliche Energieversorgung aus erneuerbaren Energiequellen bewirken Pumpspeicherkraftwerke auch weitere positive Effekte für die Regionen.

Pumpspeicherkraftwerke

- **generieren Steuereinnahmen** für das Land und die Kommunen und ermöglichen somit eine nachhaltige regionale Entwicklung.
- schaffen **neue Arbeitsplätze** und leisten dadurch indirekt einen Beitrag für die Erhaltung der bestehenden Arbeitsplätze und der bestehenden Versorgungseinrichtungen in den Regionen.
- Es werden Mittel bereitgestellt für den **Erhalt und den Ausbau** – soweit erforderlich – **der bestehenden Infrastruktur**. So wird eine qualitativ hochwertige Erschließung der Regionen langfristig sichergestellt, was auch für die gesamte wirtschaftliche Entwicklung von erheblicher Bedeutung ist.
- Daneben bilden Pumpspeicherkraftwerke auch einen Anziehungspunkt für den **Besucherverkehr**. Die Anlage von Oberbecken bildet die Chance, neue Aussichtspunkte zu schaffen. Die Wasserlandschaften des Unterbeckens bieten Möglichkeiten für die Anlage neuer Wanderwege. Aber auch die untertägigen technischen Anlagen z.B. des PSW Goldisthal bilden ein Besuchermagnet in der Region.
- Der Bau von Pumpspeicherkraftwerken in Thüringen dient auch dem **Erhalt und der Weiterentwicklung des Know-Hows im Talsperrenbau** in Thüringen. Dies betrifft nicht nur die Fachverwaltung, die Ingenieurbüros und Universitäten, sondern auch das Handwerk im Baugewerbe, in der Elektrotechnik und im Maschinenbau.

Obwohl Pumpspeicherkraftwerke im Verbund mit Wind und Sonne eine verlässliche und umweltverträgliche Stromversorgung ermöglichen, sind sie doch nicht ohne Eingriff in die Umwelt realisierbar. Sie benötigen ausreichende Flächen und greifen in den Wasserkreislauf ein. Die aktuelle Umweltgesetzgebung verlangt, dass für den Eingriff in geschützte Bestandteile der Umwelt ein Ausgleich geschaffen wird. Damit ist es z. B. möglich, negative Folgen früherer menschlicher Tätigkeit auszugleichen. So werden als Ausgleich für den Bau der Talsperren Goldisthal und Leibis neben weiteren Maßnahmen die gesamten Flussläufe unterhalb der Talsperren bis zur Mündung in die Saale für Fische und wassergebundene Kleinstlebewesen durchgängig gestaltet. Dafür werden 27 Sperrbauwerke zurückgebaut oder ökologisch durchgängig gestaltet. Ohne Finanzierung durch den Talsperrenbau wären diese Maßnahmen nur schwer umsetzbar.

Aber auch die Wasserwirtschaft profitiert vom Bau neuer Pumpspeicherkraftwerke, da die zugehörigen Sperren in der Lage sind, weitere wasserwirtschaftliche Aufgaben wahrzunehmen. So leisten die Sperren einen Beitrag zum **Hochwasserschutz** für die Unterlieger. Die Ortslage Goldisthal zum Beispiel wird durch das Unterbecken des PSW vor einem hundertjährigen Hochwasser im Einzugsgebiet der Talsperre geschützt. Auch die Gewährleistung eines Mindestabflusses in Trockenzeiten (**Niedrigwasseraufhöhung**) ist eine wasserwirtschaftliche Aufgabe, die Pumpspeicherkraftwerke übernehmen können. Durch die erwartete Zunahme an extremen Wetterlagen werden beide Aufgaben in Zukunft an Bedeutung gewinnen.

4 Zusammenfassung und Ausblick

Pumpspeicherkraftwerke bilden seit Beginn einer flächendeckenden Stromversorgung in Thüringen ein wesentliches Rückgrat für die verlässliche und ökonomische Bereitstellung von Energie. Thüringen gehört dabei zu den Pionieren in der Umsetzung neuer Technologien im Talsperrenbau, im Maschinenbau und in der Elektrotechnik. Mit dem Pumpspeicherkraftwerk Goldisthal verfügt Thüringen derzeit deutschlandweit über das modernste und leistungsstärkste Pumpspeicherkraftwerk.

Mit dem geplanten Ausstieg aus der Kernenergie und dem beabsichtigten Umstieg von fossilen Energieträgern auf erneuerbare Energien wird auch der Bedarf an Energiespeichern steigen. Pumpspeicherkraftwerke stellen derzeit die ausgereifteste und wirtschaftlichste Technologie für die Zwischenspeicherung von Strom und für die Leistungsregelung der Stromnetze dar. Auch wenn der erwartete Speicherbedarf nicht allein durch Pumpspeicherkraftwerke gedeckt werden kann, so werden diese doch einen wesentlichen Beitrag zu einer wirtschaftlichen und umweltfreundlichen Energieversorgung in Zukunft leisten können.

In dieser Studie wurde das Potenzial abgeschätzt, welche durch die Pumpspeicherkraft in Thüringen für die Zukunft an topographisch, geologisch und hydrologisch geeigneten und konfliktarmen Standorten geleistet werden kann. Insgesamt wurden 10 neue Standorte in 5 Regionen sowie 3 Standorte an bestehenden Talsperren identifiziert, welche sich für die Anlage neuer Pumpspeicherkraftwerke besonders eignen. Dabei handelt es sich um eine erste summarische Prüfung dieser Standorte, die weiterer detaillierter Analysen bedürfen. Dies betrifft insbesondere die technischen Lösungen, die zu erwartenden Kosten, die Netzanbindung sowie die Möglichkeiten, die verbliebenen Konflikte auszugleichen. Mit der vorliegenden Studie bietet sich die Möglichkeit, diese Untersuchungen in Abstimmung mit den lokalen Instanzen gezielt anzugehen.

Literaturverzeichnis

Bundesministerium für Umwelt und Reaktorsicherheit. Vorläufiger Stand 23.03.2011. *Erneuerbare Energien 2010*.

Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie. 2009. *Stand und Entwicklungspotenzial der Speichertechniken für Elektroenergie – Ableitung von Anforderungen an und Auswirkungen auf die Investitionsgüterindustrie*.

Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie und Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit. 28.09.2010. *Energiekonzept für eine umweltschonende, zuverlässige und bezahlbare Energieversorgung*.

Deutsche Energie-Agentur. November 2010. *dena-Netzstudie II. Integration erneuerbarer Energien in die deutsche Stromversorgung im Zeitraum 2015 – 2020 mit Ausblick 2025*.

Sachverständigenrat für Umweltfragen (SRU). 14.01.2011. *100 Prozent erneuerbare Stromversorgung bis 2050: klimaverträglich, sicher, bezahlbar, Sondergutachten*.

Abbildungsverzeichnis

Abbildung	Beschreibung	Quelle	Geodaten
Titelfoto	Luftbild der Speicherbecken des Pumpspeicherkraftwerkes Goldisthal	Vattenfall Europe AG	
Abbildung 1	Pumpspeicherkraftwerk Hohenwarte II	HPI Weimar	
Abbildung 2	Luftbild der Speicherbecken des Pumpspeicherkraftwerkes Goldisthal	Vattenfall Europe AG	
Abbildung 3	Luftbild des PSW Goldisthal mit Darstellung der wesentlichen Komponenten	Vattenfall Europe AG	
Abbildung 4	Prinzipdarstellung eines Maschinensatzes mit separater Pumpe und Turbine (3-Maschinensatz), mit zugehörigen Armaturen und Wasserwegen (HPI Weimar	
Abbildung 5	Prinzipdarstellung einer Pumpturbine mit einem Motorgenerator, mit zugehörigen Armaturen und Wasserwegen	HPI Weimar	
Abbildung 6	Bestehende Pumpspeicherkraftwerke in Thüringen	HPI Weimar	TLVermGeo
Abbildung 7	schematische Darstellung der Arbeitsschritte	HPI Weimar	
Abbildung 8	Ergebnis der Reliefanalyse (Beispiel; orange: für Oberbecken geeignete Flächen; blau: für Unterbecken geeignete Flächen).	HPI Weimar	TLVermGeo
Abbildung 9	Wertungsszenarien für die Auswahl geeigneter Standorte	HPI Weimar	
Abbildung 10	Talsperren Thüringens mit einem Staurauminhalt von mehr als 2 Mio. m ³	HPI Weimar	TLVermGeo
Abbildung 11	Anzahl potenzieller Standorte für Pumpspeicherkraftwerke nach Größenklassen und Regionen	HPI Weimar	TLVermGeo
Abbildung 12	Leistungspotenzial möglicher Pumpspeicherkraftwerke nach Größenklassen und Regionen	HPI Weimar	TLVermGeo
Abbildung 13	Leistungspotenzial an bestehenden Talsperren; Quelle: Hydroprojekt Ingenieurgesellschaft mbH,	HPI Weimar	TLVermGeo

Impressum:

Herausgeber:

Thüringer Ministerium für Wirtschaft, Arbeit und Technologie (TMWAT)
Max-Reger-Str. 4-8
99096 Erfurt
www.thueringer-wirtschaftsministerium.de

Fachliche Bearbeitung:

Hydroprojekt Ingenieurgesellschaft mbH
Rießner Straße 18
99423 Weimar
www.hydroprojekt.de

in Zusammenarbeit mit

Fraunhofer-Anwendungszentrum Systemtechnik AST
Am Vogelherd 50
98693 Ilmenau
www.iosb-ast.fraunhofer.de

Bearbeiter

Dr.-Ing. Stefan Schmid
Dipl.-Ing. Lars Schaarschmidt
Dr.-Ing. Peter Bretschneider
Dipl.-Ing. Hannes Rüttinger
Dipl.-Geogr. Stefan Kißauer
Dipl.-Phys. Patrick Hesse
Dr. Jochen Meister

Quelle der Geobasisdaten

Freistaat Thüringen, Landesamt für Vermessung und Geoinformation, 99086 Erfurt
© GeoBasisDE / TLVermGeo , Gen.-Nr. :20/2011

